

86

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-329521

(43)Date of publication of application : 15.11.2002

(51)Int.Cl.

H01M 8/04
B60K 1/04
B60L 11/18
H01M 8/00
// H01M 8/10

(21)Application number : 2001-133198

(71)Applicant : CALSONIC KANSEI CORP
NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 27.04.2001

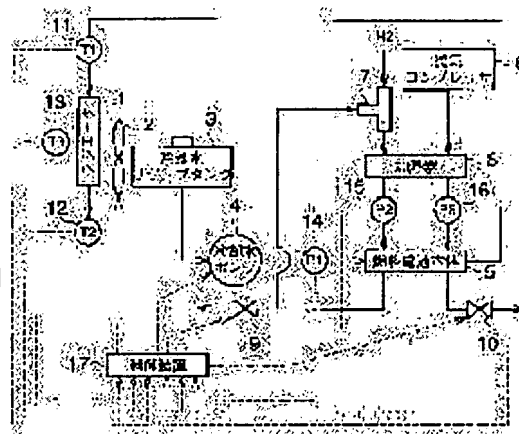
(72)Inventor : SATO KAZUO
ITO YASUYUKI

(54) FUEL CELL SYSTEM AND FUEL CELL AUTOMOBILE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce stress imposed on a fuel cell constituent member to prevent water leakage by rapidly lowering a cooling water temperature in stopping a fuel cell.

SOLUTION: A cooling system for cooling a fuel cell body 5 is provided with a radiator 1, a cooling fan 2 for feeding the outside air to the radiator 1, a cooling water reserve tank 3 and a cooling water pump 4. When this fuel cell system is stopped from an operation state, a control device 17 continues driving of the water pump 4 and the cooling fan 2 until a cooling stop condition based on the detection result by cooling water temperature sensors 11 and 12, and an outside air temperature sensor 13 is established, rapidly drops the cooling water temperature and reduces pressure generated by the saturated steam pressure of the cooling water.



1: ラジエーター
2: 冷却ファン
3: 冷却水タンク
4: 冷却水ポンプ
5: 燃料電池本体
11: 冷却水温度センサー
12: 冷却水温度センサー
13: 外気温度センサー
17: 制御装置

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 13.09.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	Y 3 D 0 3 5
			A 5 H 0 2 6
B 6 0 K 1/04		B 6 0 K 1/04	Z 5 H 0 2 7
B 6 0 L 11/18		B 6 0 L 11/18	G 5 H 1 1 5
H 0 1 M 8/00		H 0 1 M 8/00	Z
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-133198 (P2001-133198)

(22) 出願日 平成13年4月27日 (2001. 4. 27)

(71) 出願人 000004765

カルソニックカンセイ株式会社

東京都中野区南台5丁目24番15号

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 佐藤 一穂

東京都中野区南台5丁目24番15号 カルソ

ニックカンセイ株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外8名)

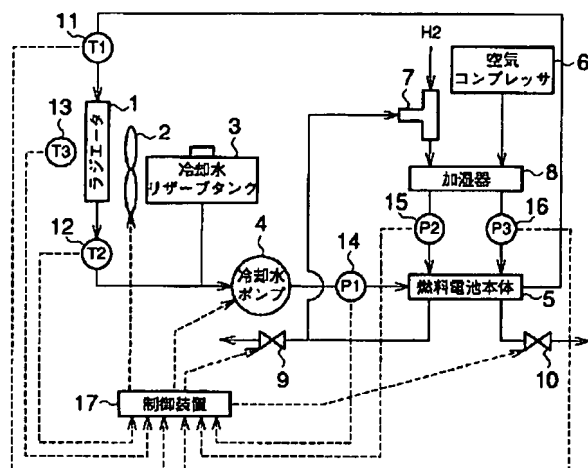
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム及び燃料電池自動車

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池停止時に冷却水温度を速やかに低下させて燃料電池構成部材に掛かる応力を低減し、水漏れを防止する。

【解決手段】 燃料電池本体5を冷却する冷却系は、ラジエータ1、ラジエータ1に外気を送風する冷却ファン2、冷却水リザーブタンク3、冷却水ポンプ4を備えている。燃料電池システムを運転状態から停止する時、制御装置17は、冷却水温度センサ11、12、および外気温度センサ13による検出結果に基づく冷却停止条件が成立するまで、冷却水ポンプ4及び冷却ファン2の駆動を継続し、速やかに冷却水温度を降下させ、冷却水の飽和水蒸気圧による圧力を軽減する。



- | | | |
|-------------|--------------|---------------|
| 1: ラジエータ | 2: 冷却ファン | 3: 冷却水リザーブタンク |
| 4: 冷却水ポンプ | 5: 燃料電池本体 | 6: 空気コンプレッサ |
| 7: エゼクタ | 8: 加温器 | 9: 調圧バルブ |
| 10: 調圧バルブ | 11: 冷却水温度センサ | 12: 冷却水温度センサ |
| 13: 外気温度センサ | 14: 圧力センサ | 15: 圧力センサ |
| 16: 圧力センサ | 17: 制御装置 | |

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃料極と酸化剤極とが対設され冷却水で冷却される燃料電池本体と、前記燃料極に燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、前記酸化剤極に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給手段と、前記冷却水の熱を燃料電池システムの外部へ放出する空冷式の熱交換器と、前記燃料電池本体と前記熱交換器との間で冷却水を循環させる冷却水ポンプと、前記冷却水の温度を検出する冷却水温度検出手段と、前記熱交換器に外気を導く冷却ファンと、を備えた燃料電池システムにおいて、燃料電池システムを停止する時、前記冷却水温度検出手段の検出結果に基づく冷却停止条件が成立した場合に、前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを停止する制御手段を備えたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】 外気の温度を検出する外気温度検出手段を備え、前記冷却停止条件は、前記冷却水温度検出手段の検出結果が所定値以下で、かつ、前記冷却水温度検出手段の検出結果及び前記外気温度検出手段の検出結果に基づいて算出されるパラメータ値が所定条件を満足すること、を特徴とする請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 3】 前記冷却水温度検出手段は、前記熱交換器の入口における冷却水温度を検出する第 1 の冷却水温度検出手段と、前記熱交換器の出口における冷却水温度を検出する第 2 の冷却水温度検出手段からなり、前記冷却停止条件は、前記第 2 の冷却水温度検出手段の検出結果が所定値以下で、かつ、前記第 1 または第 2 の冷却水温度検出手段の検出結果と、前記第 1 及び第 2 の冷却水温度検出手段の検出結果の差と、前記外気温度検出手段の検出結果と、に基づいて算出されるパラメータ値が所定条件を満足すること、を特徴とする請求項 2 記載の燃料電池システム。

【請求項 4】 前記冷却停止条件は、運転停止処理の開始時の前記冷却水温度検出手段の検出結果に基づいて算出される冷却時間が経過したこと、を特徴とする請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 5】 前記燃料電池本体に供給される燃料ガス及び酸化剤ガスのそれぞれの圧力を検出するガス圧力検出手段と、前記冷却水の圧力を検出する冷却水圧力検出手段と、前記燃料電池本体の燃料極及び酸化剤極の各々のガス排出部にガス圧力を調整する圧力調整バルブと、を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項記載の燃料電池システム。

【請求項 6】 前記ガス圧力検出手段による圧力検出結果と、前記冷却水圧力検出手段による圧力検出結果と、に基づいて、

前記冷却水の圧力が、前記燃料電池本体に供給されるガス圧力と同等、もしくは、低くなるように前記冷却水ポンプを制御することを特徴とする請求項 5 記載の燃料電池システム。

【請求項 7】 前記ガス圧力検出手段による圧力検出結果と、前記冷却水圧力検出手段による圧力検出結果と、に基づいて、前記燃料電池本体に供給される各々のガス圧力を、前記冷却水の圧力と同等、もしくは、高くなるように、前記圧力調整バルブを制御することを特徴とする請求項 5 または請求項 6 記載の燃料電池システム。

【請求項 8】 前記燃料電池システムが緊急停止した場合にも、前記制御手段は、前記冷却停止条件が満足されるまで、前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを駆動するように構成したことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項記載の燃料電池システム。

【請求項 9】 前記制御手段は、前記冷却停止条件が満足されない場合、予め設定した最大停止時間が経過すると前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを停止することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項記載の燃料電池システム。

【請求項 10】 請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項記載の燃料電池システムを駆動用電源として搭載したことを特徴とする燃料電池自動車。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池システム及びこれを搭載した燃料電池自動車に係り、特に燃料電池システム停止時に速やかに燃料電池本体を降温（クールダウン）させて、燃料電池本体におけるガス極と冷却水極との圧力差を小さくすることで燃料電池本体の水漏れを防止できる燃料電池システム及び燃料電池自動車に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の燃料電池の冷却システムとしては、特開平 10-40941 号公報記載の「燃料電池発電システム」（以下、第 1 従来技術）、特開平 2-230665 号公報記載の「燃料電池発電装置」（以下、第 2 従来技術）が知られている。

【0003】第 1 従来技術は、燃料電池の制御ユニットとしてメイン制御装置とバックアップ制御装置（又は冷却系専用制御装置）とを備えることにより、メイン制御装置が故障した場合においても、バックアップ制御装置により、温度検出手段と温度調整弁、冷却水ポンプおよび冷却ファンなどが駆動されるように構成されている。

【0004】第 2 従来技術は、水冷式燃料電池発電装置の改質水蒸気発生系および燃料電池冷却系の構造、ことにその始動および停止時の温度制御特性の改善に関するもので、加熱循環系に電気ヒータを備え、冷却水循環系に冷却器を備えた分岐循環系を切換え可能に連結するこ

とにより、蒸気発生系用と燃料電池予熱用の熱源の共用を可能とし、運転停止時の降温を容易にしたものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】燃料電池システムを電源として電気自動車に搭載する場合、冷却水の蒸発を抑制して給水を不要にするとともに、冷却水ポンプで発生しやすいキャビテーション現象を防止する必要がある。このため、内燃機関の冷却水経路と同様に燃料電池の冷却水経路も大気開放せず密閉構造としている。そして、冷却水の温度上昇時の体積膨張を吸収するとともに、温度低下時に冷却水を冷却経路に戻すために冷却水リザーブタンクが設けられる。

【0006】このような冷却構造を有する燃料電池システムの運転状態では、冷却水温度が高いために、冷却水リザーブタンク内においては冷却水温度の飽和蒸気圧まで冷却水が蒸発することによって、冷却水経路内の圧力が飽和蒸気圧分だけ大気圧よりも高くなっている。しかし運転状態では、燃料電池本体に燃料ガス及び酸化剤ガスが運転状態に応じた圧力で供給されているため、これらのガス経路と冷却水経路とを隔てる構造部材にかかる圧力差はあまり大きくない。

【0007】しかしながら、燃料電池システムの停止時には、燃料電池への燃料ガスおよび酸化剤ガスの供給が停止して圧力が低下するにも関わらず、冷却水温度が直ちに低下しないので、飽和蒸気圧が高い状態が継続する。このため、飽和蒸気圧に相当する圧力差がガス経路と冷却水経路とを隔てる構造部材に加わる。この圧力差は冷却水の温度が低下するまで継続するので、燃料電池内部で水漏れを引き起こすことがあるという問題点があった。

【0008】以上の問題点に鑑み、本発明の目的は、燃料電池停止時に冷却水温度を速やかに低下させてガス経路と冷却水経路との圧力差を低減し、燃料電池の水漏れを防止することができる燃料電池システムを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の発明は、燃料極と酸化剤極とが対設され冷却水で冷却される燃料電池本体と、前記燃料極に燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、前記酸化剤極に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給手段と、前記冷却水の熱を燃料電池システムの外部へ放出する空冷式の熱交換器と、前記燃料電池本体と前記熱交換器との間で冷却水を循環させる冷却水ポンプと、前記冷却水の温度を検出する冷却水温度検出手段と、前記熱交換器に外気を導く冷却ファンと、を備えた燃料電池システムにおいて、燃料電池システムを停止する時、前記冷却水温度検出手段の検出結果に基づく冷却停止条件が成立した場合に、前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを停止する制

御手段を備えたことを要旨とする。

【0010】上記目的を達成するため、請求項2記載の発明は、請求項1記載の燃料電池システムにおいて、外気の温度を検出する外気温度検出手段を備え、前記冷却停止条件は、前記冷却水温度検出手段の検出結果が所定値以下で、かつ、前記冷却水温度検出手段の検出結果及び前記外気温度検出手段の検出結果に基づいて算出されるパラメータ値が所定条件を満足すること、を要旨とする。

【0011】上記目的を達成するため、請求項3記載の発明は、請求項2記載の燃料電池システムにおいて、前記冷却水温度検出手段は、前記熱交換器の入口における冷却水温度を検出する第1の冷却水温度検出手段と、前記熱交換器の出口における冷却水温度を検出する第2の冷却水温度検出手段からなり、前記冷却停止条件は、前記第2の冷却水温度検出手段の検出結果が所定値以下で、かつ、前記第1または第2の冷却水温度検出手段の検出結果と、前記第1及び第2の冷却水温度検出手段の検出結果の差と、前記外気温度検出手段の検出結果と、に基づいて算出されるパラメータ値が所定条件を満足すること、を要旨とする。

【0012】上記目的を達成するため、請求項4記載の発明は、請求項1記載の燃料電池システムにおいて、前記冷却停止条件は、運転停止処理の開始時の前記冷却水温度検出手段の検出結果に基づいて算出される冷却時間が経過したこと、を要旨とする。

【0013】上記目的を達成するため、請求項5記載の発明は、請求項1ないし請求項4のいずれか1項記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池本体に供給される燃料ガス及び酸化剤ガスのそれぞれの圧力を検出するガス圧力検出手段と、前記冷却水の圧力を検出する冷却水圧力検出手段と、前記燃料電池本体の燃料極及び酸化剤極の各々のガス排出部にガス圧力を調整する圧力調整バルブと、を備えたことを要旨とする。

【0014】上記目的を達成するため、請求項6記載の発明は、請求項5記載の燃料電池システムにおいて、前記ガス圧力検出手段による圧力検出結果と、前記冷却水圧力検出手段による圧力検出結果と、に基づいて、前記冷却水の圧力が、前記燃料電池本体に供給されるガス圧力と同等、もしくは、低くなるように前記冷却水ポンプを制御することを要旨とする。

【0015】上記目的を達成するため、請求項7記載の発明は、請求項5または請求項6記載の燃料電池システムにおいて、前記ガス圧力検出手段による圧力検出結果と、前記冷却水圧力検出手段による圧力検出結果と、に基づいて、前記燃料電池本体に供給される各々のガス圧力を、前記冷却水の圧力と同等、もしくは、高くなるように、前記圧力調整バルブを制御することを要旨とする。

【0016】上記目的を達成するため、請求項8記載の

発明は、請求項1ないし請求項7のいずれか1項記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システムが緊急停止した場合にも、前記制御手段は、前記冷却停止条件が満足されるまで、前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを駆動するように構成したことを要旨とする。

【0017】上記目的を達成するため、請求項9記載の発明は、請求項1ないし請求項8のいずれか1項記載の燃料電池システムにおいて、前記制御手段は、前記冷却停止条件が満足されない場合、予め設定した最大停止時間が経過すると前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを停止することを要旨とする。

【0018】上記目的を達成するため、請求項10記載の発明は、請求項1ないし請求項9のいずれか1項記載の燃料電池システムを駆動用電源として搭載したことを要旨とする燃料電池自動車である。

【0019】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、燃料極と酸化剤極とが対設され冷却水で冷却される燃料電池本体と、前記燃料極に燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、前記酸化剤極に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給手段と、前記冷却水の熱を燃料電池システムの外部へ放出する空冷式の熱交換器と、前記燃料電池本体と前記熱交換器との間で冷却水を循環させる冷却水ポンプと、前記冷却水の温度を検出する冷却水温度検出手段と、前記熱交換器に外気を導く冷却ファンと、を備えた燃料電池システムにおいて、燃料電池システムを停止する時、前記冷却水温度検出手段の検出結果に基づく冷却停止条件が成立した場合に、前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを停止する制御手段を備えたことにより、燃料電池システムを停止させる時に、冷却水からの放熱を継続して冷却水経路内の圧力を大気圧近傍まで速やかに下げ、燃料電池のガス経路内の圧力と冷却水経路内の圧力との差を小さくすることが可能となり、燃料電池内部で起こりうる水漏れなどを防止することができるという効果がある。

【0020】請求項2の発明によれば、請求項1の発明の効果に加えて、外気の温度を検出する外気温度検出手段を備え、前記冷却停止条件は、前記冷却水温度検出手段の検出結果が所定値以下で、かつ、前記冷却水温度検出手段の検出結果及び前記外気温度検出手段の検出結果に基づいて算出されるパラメータ値が所定条件を満足するようにしたので、外気温の変動があっても余分な冷却動作を継続することなく冷却水の温度を適度な温度まで低下させて冷却停止させることができるという効果がある。

【0021】請求項3の発明によれば、請求項2の発明の効果に加えて、前記冷却水温度検出手段は、前記熱交換器の入口における冷却水温度を検出する第1の冷却水温度検出手段と、前記熱交換器の出口における冷却水温度を検出する第2の冷却水温度検出手段からなり、前記

冷却停止条件は、前記第2の冷却水温度検出手段の検出結果が所定値以下で、かつ、前記第1または第2の冷却水温度検出手段の検出結果と、前記第1及び第2の冷却水温度検出手段の検出結果の差と、前記外気温度検出手段の検出結果と、に基づいて算出されるパラメータ値が所定条件を満足するようにしたので、冷却水を冷却する熱交換器の性能に製造上のばらつきや経年変化があっても、熱交換器の入口と出口の温度差を用いたパラメータ値により、常に正確な冷却停止条件を算出することができるという効果がある。

【0022】請求項4の発明によれば、請求項1の発明の効果に加えて、前記冷却停止条件は、運転停止処理の開始時の前記冷却水温度検出手段の検出結果に基づいて算出される冷却時間が経過したこととしたので、制御手段による冷却停止処理の内容を簡易化できるという効果がある。

【0023】請求項5の発明によれば、請求項1ないし請求項4の発明の効果に加えて、前記燃料電池本体に供給される燃料ガス及び酸化剤ガスのそれぞれの圧力を検出するガス圧力検出手段と、前記冷却水の圧力を検出する冷却水圧力検出手段と、前記燃料電池本体の燃料極及び酸化剤極の各々のガス排出部にガス圧力を調整する圧力調整バルブと、を備えたことにより、燃料電池本体を冷却する冷却水の圧力と、燃料電池本体に供給されるガス圧力の差を制御することができるという効果がある。

【0024】請求項6の発明によれば、請求項5の発明の効果に加えて、前記ガス圧力検出手段による圧力検出結果と、前記冷却水圧力検出手段による圧力検出結果と、に基づいて、前記冷却水の圧力が、前記燃料電池本体に供給されるガス圧力と同等、もしくは、低くなるように前記冷却水ポンプを制御するようにしたので、ガス圧力と冷却水圧力との圧力差をほぼ零にするか又はガス圧力を高くすることができ、燃料電池内部で起こりうる水漏れなどを防止できるという効果がある。

【0025】請求項7の発明によれば、請求項5または請求項6の発明の効果に加えて、前記ガス圧力検出手段による圧力検出結果と、前記冷却水圧力検出手段による圧力検出結果と、に基づいて、前記燃料電池本体に供給される各々のガス圧力を、前記冷却水の圧力と同等、もしくは、高くなるように、前記圧力調整バルブを制御するようにしたので、運転負荷が変化した場合にもガス圧力と冷却水圧力との圧力差をほぼ零にするか又はガス圧力を高くすることができ、燃料電池内部で起こりうる水漏れなどを防止できるという効果がある。

【0026】請求項8の発明によれば、請求項1ないし請求項7の発明の効果に加えて、前記燃料電池システムが緊急停止した場合にも、前記制御手段は、前記冷却停止条件が満足されるまで、前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを駆動するように構成したので、緊急停止時の安全性をより高めることができるという効果がある。

【0027】請求項9の発明によれば、請求項1ないし請求項8の発明の効果に加えて、前記制御手段は、前記冷却停止条件が満足されない場合、予め設定した最大停止時間が経過すると前記冷却水ポンプ及び前記冷却ファンを停止するようにしたので、外気温が非常に高くなって、冷却停止条件が実現されない場合にも、燃料電池システムを停止することが可能となり、また前記温度検出手段が故障した場合にも安全に燃料電池システムを停止することが可能となるという効果がある。

【0028】請求項10の発明によれば、請求項1ないし請求項9のいずれか1項記載の燃料電池システムを駆動用電源として搭載したことにより、燃料電池の水漏れを防止して整備を容易にした燃料電池自動車を提供することができるという効果がある。

【0029】

【発明の実施の形態】次に、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明に係る燃料電池システムの構成を説明するシステム構成図である。この燃料電池システムは、燃料ガスとして水素タンクから供給される水素を使用し、酸化剤ガスとして空気を使用するもので、燃料電池自動車用に構成されたものである。

【0030】図1において、この燃料電池システムは、固体高分子電解質型の燃料電池本体（燃料電池スタック）5を冷却する冷却系と、燃料電池本体5に水素、空気をそれぞれ供給する水素系と空気系を有している。

【0031】燃料電池の冷却系は、発熱要素としての燃料電池本体5と、放熱用熱交換器としてのラジエータ1と、ラジエータ1へ外気を送風する冷却ファン2と、冷却水を循環させるための冷却水ポンプ4と、冷却水の補充用および冷却水ラインに含まれる空気抜き用途としての冷却水リザーブタンク3と、から構成されている。また、冷却系のセンサとして、ラジエータ1の冷却水入口および出口に温度をそれぞれ検出する冷却水温度センサ11、12と、ラジエータ1を通過する空気の温度を検出する外気温度センサ13と、燃料電池本体5に流入する冷却水の圧力を検出する圧力センサ14とが設けられている。

【0032】水素系は、図示しない水素タンクと、これから吐出された水素を調圧してエゼクタ7に供給する図示しない調圧バルブと、エゼクタ7と、燃料電池本体5の排出部に備えられている調圧バルブ9と、燃料電池本体5の燃料極入口側に供給される水素ガスの圧力を検出する圧力センサ15と、を備えている。

【0033】調圧された水素は、エゼクタ7を介して加湿器8にて所定の露点まで加湿した状態で、燃料電池本体5に供給する。また、燃料電池本体5の燃料極から排出された未利用の水素は、エゼクタ7により循環させることにより再利用するようになっている。

【0034】また、空気系は、空気を圧縮する空気コン

プレッサ6と、空気を冷却する図示しない空気冷却器と、図示しない異物フィルタと、燃料電池本体5の空気極側排出部に備えられた調圧バルブ10から構成されている。この空気系は、空気コンプレッサ6で空気を圧縮して圧力を高めた後、空気冷却器にて所定の温度まで冷却し、さらに加湿器8にて所定の露点まで加湿した状態で、燃料電池本体5の空気極に空気を供給する。なお、空気系には、燃料電池本体5に供給される空気の圧力を検出する圧力センサ16が設けられている。

【0035】制御装置17は、図示していないその他補機の制御を含め、温度センサ11、12、13と、圧力センサ14、15、16と、からの検出値を読み込み、冷却ファン2と、冷却水ポンプ4と、圧力調整バルブ9、10と、を制御するようになっている。

【0036】燃料電池システムの運転状態では、冷却水経路に設置されている冷却水リザーブタンク3内において、冷却水温度の飽和蒸気圧まで冷却水が蒸発し、冷却水経路内の圧力が大気圧よりも飽和水蒸気圧分だけ上昇している。この運転状態の冷却水温を例えば、80℃とすると、図11に示すように、冷却水経路内の圧力は大気圧よりおよそ58kPa程度高い状態である。ここでは、冷却水リザーブタンク3の内部に密閉された空気の容積に比べて、燃料電池動作時の冷却水体积の膨張分が充分小さいものとしているが、この条件が成立しない場合には、膨張した冷却水により密閉空気が圧縮されるので冷却水圧力は更に高まることが考えられる。このため、冷却水リザーブタンク3の容積にはある程度の余裕を持つように設定されている。

【0037】この状態で燃料電池の運転を停止すれば、ガス供給系からのガス供給が停止してガス圧力が低下する一方、冷却水温度は直ちに低下しないために、冷却水圧力はガス圧力に対して飽和水蒸気圧分だけ高い状態が継続する。この状態は、自然放熱によって冷却水温度が低下するまで続くことになり、燃料電池本体5から水漏れを起こすことがある。

【0038】本発明においては、燃料電池の運転を停止する際に、外気の温度近くまで、あるいは、40℃程度まで冷却水温度を速やかに降温させることにより、燃料電池内部でのガス供給通路と冷却水経路との圧力差をほぼ零にし、燃料電池本体からの水漏れを防止することができる。以下の説明では、この冷却水温度を降温させる時間をクールダウン時間（TM）と呼ぶこととする。

【0039】燃料電池システムが運転状態から停止する際に、まず、2次電池を搭載している場合は、燃料電池本体5の取り出し電流を零、あるいは、2次電池を搭載していない場合は、補機類に必要な最低消費電力に相当する電流となるように、供給する各々のガス流量および圧力を制御装置17で、図示していない調圧バルブと、空気コンプレッサ6と、燃料電池からの排圧調整バルブ9、10によって制御する。その時、燃料電池本体5を

冷却するために循環している冷却水の圧力センサ14の検出値P1と、水素ガスの圧力センサ15の検出値P2、空気の圧力センサ16の検出値P3をそれぞれ制御装置17にて読み込み、

【数1】

$$\Delta P_{a1} = P3 - P1 > 0 \text{ および } \Delta P_{h1} = P2 - P1 > 0$$

となるように、排圧調整バルブ9、10と冷却水ポンプ4を制御することが好ましい。この時、冷却水ポンプ4の必要吐出圧に対して、冷却水ポンプ4の吐出流量が非常に小さくなる場合は、制御装置17によって制御可能範囲までの流量および吐出圧力まで上昇させ、かつ、燃料電池本体5に供給している供給ガスの圧力および流量を制御する。

【0040】図7は、制御装置17が上記の圧力制御処理を行う圧力制御ルーチンの例を示すフローチャートである。

【0041】図7において、まず圧力センサ14、15、16から冷却水圧力P1、水素圧力P2、空気圧力P3をそれぞれ読み込み（S60）、空気と冷却水との圧力差 $\Delta P_{a1} = P3 - P1$ 、水素と冷却水との圧力差 $\Delta P_{h1} = P2 - P1$ をそれぞれ算出する（S62）。次いで、空気と冷却水との圧力差 ΔP_{a1} が負か否かを判定し（S64）、判定がNo、即ち圧力差が零または正のときは、S68へ進む。

【0042】S64の判定でYes、即ち圧力差が負であれば、空気圧力が冷却水圧力と同等、または空気圧力の方が冷却水圧力より高まるように、空気調圧バルブ10の開度を調整する（S66a）一方、水ポンプ4の吐出圧力を調整して（S66b）、S64へ戻る。S66aの処理とS66bの処理とは、いずれを先に行ってもよいし、両者を並列に処理してもよいし、差が小さい場合、いずれか一方の処理だけでもよい。

【0043】次いでS68では、水素ガスと冷却水との圧力差 ΔP_{h1} が負か否かを判定し、判定がNo、即ち圧力差が零または正のときは、空気圧力及び水素ガス圧力と冷却水圧力との調整を終了しリターンする。

【0044】S68の判定でYes、即ち圧力差が負であれば、水素ガス圧力が冷却水圧力と同等、または水素ガス圧力の方が冷却水圧力より高まるように、水素ガス調圧バルブ9の開度を調整する（S70a）一方、水ポンプ4の吐出圧力を調整して（S70b）、S68へ戻る。S70aの処理とS70bの処理は、いずれを先に行ってもよいし、両者を並列に処理してもよいし、差が小さい場合、いずれか一方の処理だけでもよい。

【0045】図8は、燃料電池の発電を停止してから燃料電池本体の冷却を続けた場合のラジエータの入口と出口の温度差 ΔT_{12} の時間変化を示すものであり、横軸にクールダウン時間（TM）の経過、縦軸に温度差 ΔT_{12} をプロットしている。図8において、時間が経過するにつれて、ラジエータの入口と出口の温度差 ΔT_{12} が小さ

くなるが、同一の温度差 ΔT_{12} で発電を停止しても、外気温度T3が高い場合には、温度差 ΔT_{12} の低下の割合は小さく、外気温度T3が低い場合には、温度差 ΔT_{12} の低下の割合は大きくなる。

【0046】また、図10に示すように、発電停止時の温度差 ΔT_{12} が大きい場合には、温度差 ΔT_{12} の低下の割合は大きく、発電停止時の温度差 ΔT_{12} が小さい場合には、温度差 ΔT_{12} の低下の割合は小さくなる。

【0047】従って、外気温度が高い場合、または温度差 ΔT_{12} が小さい場合には、冷却系内の冷却水温度が速やかに降温しない。このような場合、冷却水温に基づく冷却停止条件が満足されず延々と冷却が続けられることを防止するため、あらかじめ定められた最大停止時間TSTを超えた場合は、冷却を打ち切って燃料電池システムを停止させるようにする。

【0048】燃料電池システムを搭載した自動車において、2次電池を搭載せず、燃料電池システムのみで駆動される自動車では、燃料電池システムの停止処理を行う間にも補機に燃料電池から電力供給を継続する必要がある。この場合、燃料電池システムで最低限必要な各補機の総和電力のみを燃料電池で発電するようにして、燃料電池の冷却系の冷却水温度を大気温度近くまで、あるいは40℃程度まで降温した後に、燃料電池システムを停止させる。

【0049】次に、冷却水温度センサ11、12、及び外気温度センサ13の検出結果に基づく冷却停止条件の成立まで、燃料電池本体5の冷却を継続するフローチャートを説明する。

【0050】図2は、本発明に係る燃料電池システムの第1の実施形態における燃料電池システム停止処理の動作を説明するフローチャートである。この第1実施形態においては、冷却停止条件は、（1）クールダウン開始からの経過時間（TM）が所定の最大停止時間TSTを超えたとき、または（2）ラジエータ入口の冷却水温度（T1）が所定の温度TL1以下、で且つ、T1と、ラジエータ入口と出口との温度差 ΔT_{12} と、外気温度（T3）とに基づいて算出されるパラメータF1が所定値（Ath）以下となったとき、としている。

【0051】図2において、まず、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力を除いて、燃料電池の発電を停止し（S10）、クールダウン時間（TM）の計測を開始する（S12）。次いで、ラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1、ラジエータ出口の冷却水温度センサ12の検出値T2を読み込み、外気温度センサ13の検出値T3を読み込み（S14）、ラジエータ入口と出口の温度差 $\Delta T_{12} = T1 - T2$ を算出する（S16）。次いで、T1、 ΔT_{12} 、T3に基づいて、パラメータ $F1 = f1(T1, \Delta T_{12}, T3)$ を算出する（S18）。パラメータF1の算出には、所定の計算式を用い

てもよいし、図9に示すような予め記憶したマップテーブル（ $\Delta T12$ の値別に用意されたもの）を参照してもよい。

【0052】次いで、TMが最大停止時間TST以上か否かを判定し（S20）、Yesであれば、最大停止時間が到来したので冷却を停止すべくS30へ移る。S20の判定でNoであれば、T1が所定値TL1を超えているか否かを判定し（S22）、超えていれば冷却を続けるためにS14へ移る。超えていなければ、F1が所定値Athを超えているか否かを判定する（S24）。S24の判定で、F1がAthを超えていれば冷却を続けるためにS14へ移る。S24の判定で、F1がAth以下であれば、冷却停止条件が満足されたので、S30へ移って、冷却水ポンプ及びラジエータファンを停止し、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力の発電も停止して、停止処理を終了する。

【0053】本実施形態においては、冷却停止条件に用いるパラメータF1をラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1、ラジエータ入口と出口の温度差 $\Delta T12$ 、及び外気温度センサ13の検出値T3に基づいて算出しているため、ラジエータの冷却水通路の内部に水垢等が堆積して放熱能力が低下した場合でも、正確な冷却停止条件を判定することができる。

【0054】図3は、本発明に係る燃料電池システムの第2の実施形態における燃料電池システム停止処理の動作を説明するフローチャートである。この第2実施形態においては、冷却停止条件は、（1）クールダウン開始からの経過時間（TM）が所定の最大停止時間TSTを超えたとき、または（2）ラジエータ入口の冷却水温度（T1）が所定の温度TL1以下、で且つ、T1と外気温度（T3）とに基づいて算出されるパラメータF2が所定値（Ath）以下となったとき、としている。

【0055】図3において、まず、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力を除いて、燃料電池の発電を停止し（S10）、クールダウン時間（TM）の計測を開始する（S12）。次いで、ラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1及び外気温度センサ13の検出値T3を読み込み（S13）、T1、T3に基づいて、パラメータ $F2 = f2(T1, T3)$ を算出する（S19）。パラメータF2の算出には、所定の計算式を用いてもよいし、図9に示すような予め記憶したマップテーブルを参照してもよい。

【0056】次いで、TMが最大停止時間TST以上か否かを判定し（S20）、Yesであれば、最大停止時間が到来したので冷却を停止すべくS30へ移る。S20の判定でNoであれば、T1が所定値TL1を超えているか否かを判定し（S22）、超えていれば冷却を続けるためにS13へ移る。超えていなければ、F2が所定値Athを超えているか否かを判定する（S25）。S25の判定で、F2がAthを超えていれば冷却を続けるため

にS13へ移る。S25の判定で、F2がAth以下であれば、冷却停止条件が満足されたので、S30へ移って、冷却水ポンプ及びラジエータファンを停止し、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力の発電も停止して、停止処理を終了する。

【0057】本実施形態においては、冷却停止条件に用いるパラメータF2をラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1、外気温度センサ13の検出値T3に基づいて算出しているため、ラジエータ出口の冷却水温度センサ12を省略することができる。

【0058】図4は、本発明に係る燃料電池システムの第3の実施形態における燃料電池システム停止処理の動作を説明するフローチャートである。この第3実施形態においては、冷却停止条件は、（1）クールダウン開始からの経過時間（TM）が所定の最大停止時間TSTを超えたとき、または（2）ラジエータ入口の冷却水温度（T1）が所定の温度TL1以下、で且つ、T1と外気温度（T3）とに基づいて算出されるパラメータ $\Delta T13 = T1 - T3$ が所定値Bth以下となったとき、としている。このパラメータ $\Delta T13$ は、ラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1及び外気温度センサ13の検出値T3に基づいて算出する第2実施形態のパラメータF2の特殊な場合とも言える。

【0059】図4において、まず、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力を除いて、燃料電池の発電を停止し（S10）、クールダウン時間（TM）の計測を開始する（S12）。次いで、ラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1及び外気温度センサ13の検出値T3を読み込み（S13）、T1、T3に基づいて、パラメータ $\Delta T13 = T1 - T3$ を算出する（S17）。

【0060】次いで、TMが最大停止時間TST以上か否かを判定し（S20）、Yesであれば、最大停止時間が到来したので冷却を停止すべくS30へ移る。S20の判定でNoであれば、T1が所定値TL1を超えているか否かを判定し（S22）、超えていれば冷却を続けるためにS13へ移る。超えていなければ、 $\Delta T13$ が所定値Bthを超えているか否かを判定する（S26）。S26の判定で、 $\Delta T13$ がBthを超えていれば冷却を続けるためにS13へ移る。S26の判定で、 $\Delta T13$ がBth以下であれば、冷却停止条件が満足されたので、S30へ移って、冷却水ポンプ及びラジエータファンを停止し、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力の発電も停止して、停止処理を終了する。

【0061】図5は、本発明に係る燃料電池システムの第4の実施形態における燃料電池システム停止処理の動作を説明するフローチャートである。この第4実施形態においては、冷却停止条件は、クールダウン開始からの経過時間（TM）が停止処理開始時のラジエータ入口の冷却水温度（T1）と外気温度（T3）とに基づいて算出

されるパラメータである冷却停止時間TSTを超えたとき、としている。このパラメータTSTは、第1ないし第3実施形態のような所定値ではなく、停止処理開始時のラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1及び外気温度センサ13の検出値T3に基づいて算出するパラメータである。

【0062】図5において、まず、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力を除いて、燃料電池の発電を停止し(S10)、クールダウン時間(TM)の計測を開始する(S12)。次いで、ラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1及び外気温度センサ13の検出値T3を読み込み(S13)、T1、T3に基づいて、パラメータ $TST = f3(T1, T3)$ を算出する(S40)。

【0063】次いで、TMが冷却停止時間TST以上か否かを判定し(S42)、Yesであれば、冷却停止時間が到来したので冷却を停止すべくS30へ移る。S42の判定でNoであれば、単にS42のセルフループで時間経過を待つ。S30では、冷却水ポンプ及びラジエータファンを停止し、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力の発電も停止して、停止処理を終了する。

【0064】図6は、本発明に係る燃料電池システムの第5の実施形態における燃料電池システム停止処理の動作を説明するフローチャートである。この第5実施形態においては、冷却停止条件は、ラジエータ入口の冷却水温度(T1)が所定値TL2以下となったとき、としている。即ち、ラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1が所定値TL2まで降温すると冷却を停止するようにしている。

【0065】図6において、まず、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力を除いて、燃料電池の発電を停止し(S10)、次いで、ラジエータ入口の冷却水温度センサ11の検出値T1を読み込み(S50)、T1がTL2を超えているか否かを判定する(S52)。Yesであれば、まだ冷却を続ける必要があるので、S50へ移る。S52の判定でNoであれば、既に目的の温度まで降温したので、S30へ移り、冷却水ポンプ及びラジエータファンを停止し、2次電池で駆動されない補機が必要とする電力の発電も停止して、停止処理を終了する。

【0066】本実施形態においては、外気温が高い場合には、T1がTL2まで低下しないことにより長時間冷却を続けることがあるので、第1ないし第3実施形態のTL1よりTL2を高く設定し、当該車両が使用される外気温度範囲では、遅くとも10分程度で冷却停止条件が満足されるようにTL2を選択する必要がある。

【0067】次に上記の各実施形態の変形例として、燃料電池を停止させる際に、一時的に冷却系の冷却能力を高めて、燃料電池本体5の冷却水温度を急速に低下させることもできる。即ち、燃料電池本体5に供給する各々

のガス圧力を上昇させ、燃料電池本体5の冷却に必要な冷却水の供給圧力を上昇させ、さらに、冷却水ポンプ4の循環流量も上昇させる。そして、冷却ファン2の回転数も上昇させて、ラジエータ1の放熱量を上昇させ、できるだけ早く冷却水温を降温させる。ただし、冷却水ポンプ4の圧力および流量と、冷却ファン2の回転数を増加させたために消費電力が増加し、各補機を動作させる電力が不足する場合は、燃料電池の発電電力を消費電力が増加した分だけ増加させて、冷却水温をできるだけ速やかに降温する。また、冷却水温が降温した結果、燃料電池本体5の取り出し電力が消費電力を上回るようになった場合は、燃料電池の取り出し電力を低減させることによって、上記の実施形態に基づいて停止処理を行う。

【0068】燃料電池システムが予期せぬ事態により緊急停止する場合を考慮し、このような事態においても、制御装置17、冷却水ポンプ4、冷却ファン2は、制御できるように構成している。この場合、燃料電池本体5に供給されるガスの制御は停止しているため、冷却水ポンプ4により冷却水を循環させると、燃料電池内部で供給ガス圧より冷却水の供給圧力の方が高くなる。このため、冷却水の循環流量および供給圧力を制御装置17にて制御できる最低吐出圧力にて冷却水が循環できるように冷却水ポンプ4を制御し、冷却ファン2を動作させてできるだけ早く、冷却水の降温を試みる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る燃料電池システムの構成を説明するシステム構成図である。

【図2】第1実施形態における燃料電池停止時の処理を説明するフローチャートである。

【図3】第2実施形態における燃料電池停止時の処理を説明するフローチャートである。

【図4】第3実施形態における燃料電池停止時の処理を説明するフローチャートである。

【図5】第4実施形態における燃料電池停止時の処理を説明するフローチャートである。

【図6】第5実施形態における燃料電池停止時の処理を説明するフローチャートである。

【図7】燃料電池停止時の圧力制御ルーチンを説明するフローチャートである。

【図8】燃料電池停止時の熱交換器入口と出口の冷却水温度差の時間変化を示すグラフである。

【図9】冷却停止条件のマップの例を説明する図である。

【図10】(a)熱交換器入口と出口の冷却水温度差($\Delta T12$)が大の時の冷却停止と、(b)熱交換器入口と出口の冷却水温度差($\Delta T12$)が小の時の冷却停止との相違を示すグラフである。

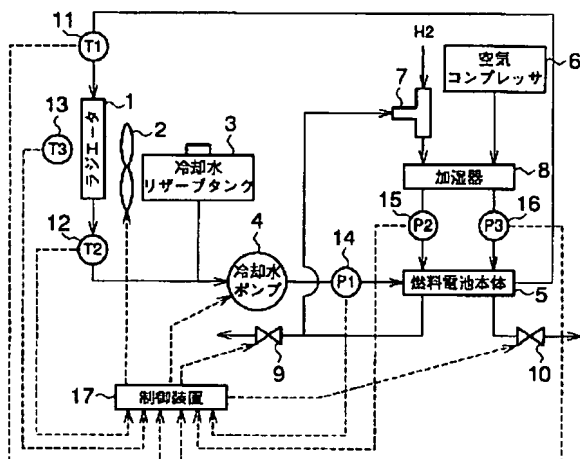
【図11】燃料電池の運転温度範囲における飽和水蒸気圧を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 ラジエータ
- 2 冷却ファン
- 3 冷却水リザーブタンク
- 4 冷却水ポンプ
- 5 燃料電池本体
- 6 空気コンプレッサ
- 7 エゼクタ
- 8 加湿器
- 9 調圧バルブ

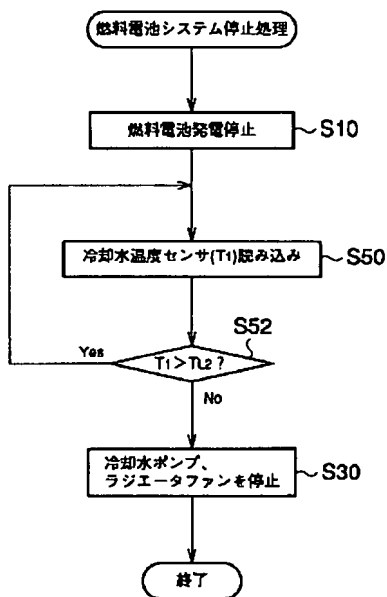
- 10 調圧バルブ
- 11 冷却水温度センサ
- 12 冷却水温度センサ
- 13 外気温度センサ
- 14 圧力センサ
- 15 圧力センサ
- 16 圧力センサ
- 17 制御装置

【図 1】



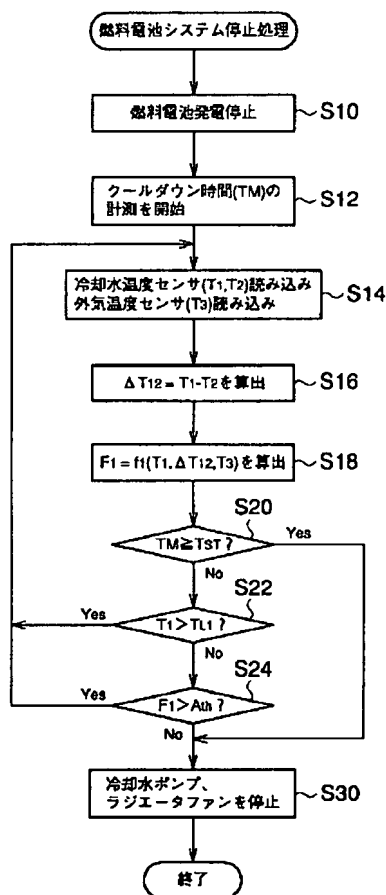
- | | | |
|------------|-------------|--------------|
| 1:ラジエータ | 2:冷却ファン | 3:冷却水リザーブタンク |
| 4:冷却水ポンプ | 5:燃料電池本体 | 6:空気コンプレッサ |
| 7:エゼクタ | 8:加湿器 | 9:調圧バルブ |
| 10:調圧バルブ | 11:冷却水温度センサ | 12:冷却水温度センサ |
| 13:外気温度センサ | 14:圧力センサ | 15:圧力センサ |
| 16:圧力センサ | 17:制御装置 | |

【図 6】

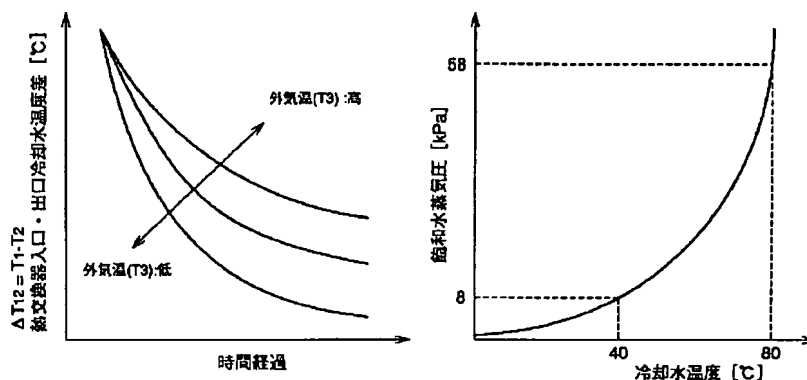


【図 8】

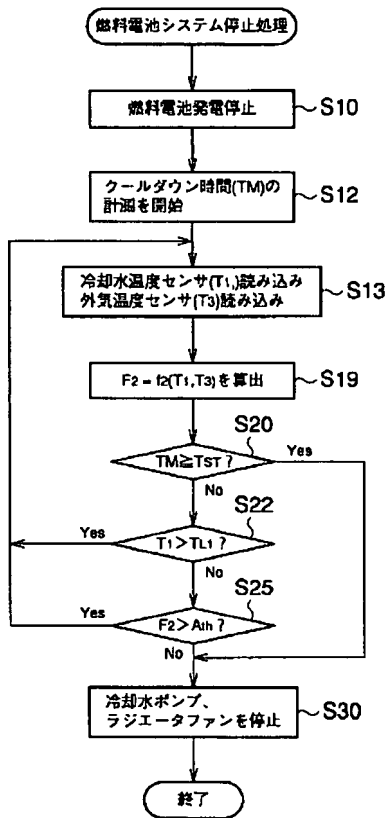
【図 2】



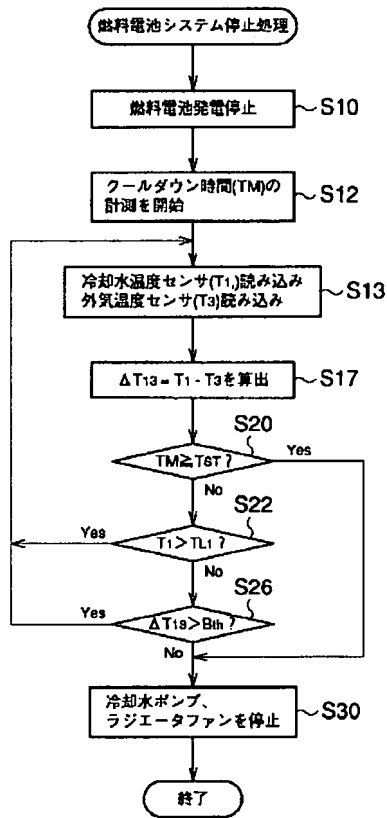
【図 11】



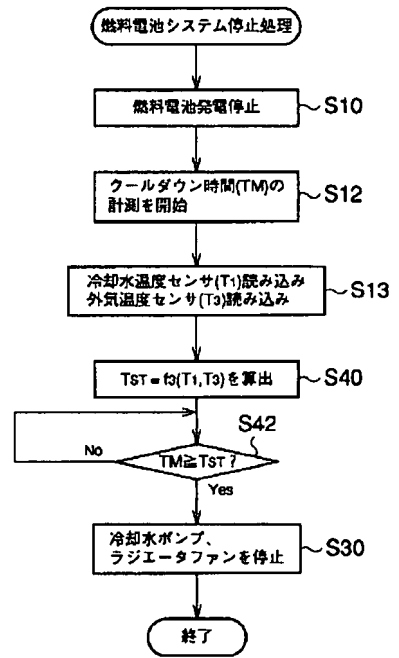
【図 3】



【図 4】



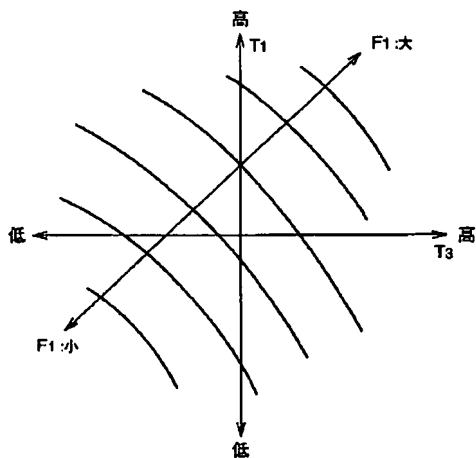
【図 5】



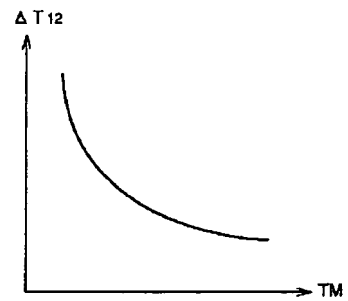
【図 10】

【図 9】

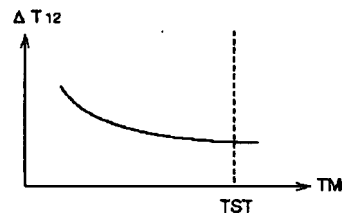
$F1 = f1(T1, \Delta T12, T3)$
ただし $T3 < T1, \Delta T12 = T1 - T2$



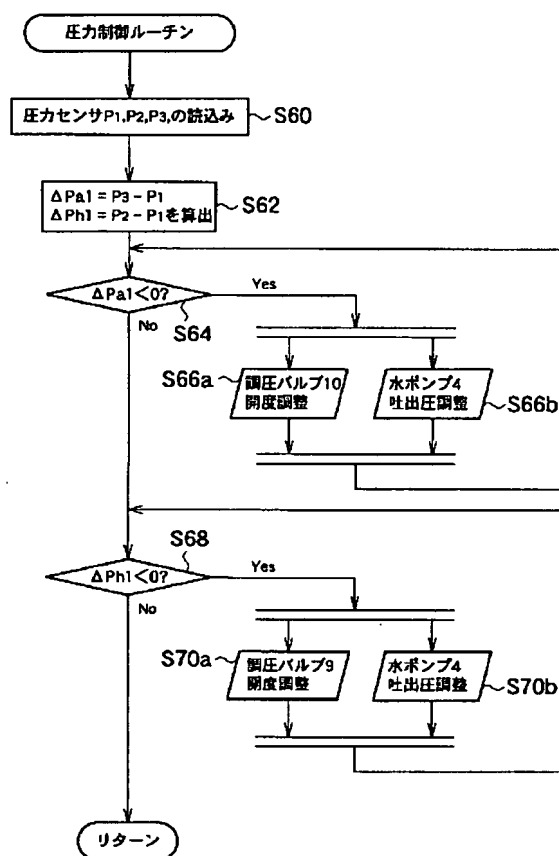
(a)
 $\Delta T12$: 大の時



(b)
 $\Delta T12$: 小の時



【図 7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷
// H 0 1 M 8/10

識別記号

F I
H 0 1 M 8/10

テーマコード (参考)

(72) 発明者 伊藤 泰之
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産
自動車株式会社内

F ターム (参考) 3D035 AA00 AA03
5H026 AA06
5H027 AA06 CC06 KK02 KK05 KK08
KK41 KK48 MM01 MM16
5H115 PA08 PC06 PG04 PI18 PI29
PI30 PU01 SE06 TI10 T005
T030